

**PENGARUH PENAMBAHAN BIOMASA *Tithonia diversifolia*  
DAN BAKTERI ASAM LAKTAT TERHADAP KETERSEDIAAN  
DAN SERAPAN FOSFOR TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merril)  
PADA TANAH ULTISOL**

**Skripsi  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Guna memperoleh derajat Sarjana Pertanian  
Di Fakultas Pertanian  
Universitas Sebelas Maret**

**Jurusan Ilmu Tanah**



**Oleh:  
ANYSA OKVITASARI  
H0202028**

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2008**

**PENGARUH PENAMBAHAN BIOMASA *Tithonia diversifolia*  
DAN BAKTERI ASAM LAKTAT TERHADAP KETERSEDIAAN  
DAN SERAPAN FOSFOR TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)  
PADA TANAH ULTISOL**



Oleh:  
Anysa Okvitasari  
H0202028

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2008**

**PENGARUH PENAMBAHAN BIOMASA *Tithonia diversifolia*  
DAN BAKTERI ASAM LAKTAT TERHADAP KETERSEDIAAN  
DAN SERAPAN FOSFOR TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) merril)  
PADA TANAH ULTISOL**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

**Anysa Okvitasari**

**H 0202028**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

pada tanggal: 3 November 2007

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

Ketua

Anggota I

Anggota II

Dr. Ir. Supriyadi, MP  
NIP. 131 792 209

Ir. Jauhari Syamsiyah, MS  
NIP. 131 285 865

Dr. Ir. Purwanto, MS  
NIP. 131 127 138

Surakarta,

Mengetahui

Universitas Sebelas Maret

Fakultas Pertanian

Dekan

Prof. Dr. Ir. H. Suntoro, MS  
NIP. 131 124 609

## **KATA PENGANTAR**

Syukur Alhamdulillahirobbil ‘alamiin penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, pemilik segala kemuliaan dan keagungan atas limpahan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan karya ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Rasul Muhammad SAW kekasih Allah. Dengan kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H Suntoro, MS., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Ir. Sumarno, MS., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Dr. Ir. Supriyadi, MP., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan masukan serta ilmunya kepada penulis.
4. Ir. Jauhari Syamsiyah, MS., selaku Pembimbing Pendamping I yang senantiasa memberikan semangat dan sabar membimbing penulis.
5. Dr. Ir. Purwanto, MS., selaku pembimbing Pendamping II atas kesediaannya meluangkan waktu untuk membimbing penulis.
6. Ir. Holly Purwanto, MP., selaku pembimbing akademik penulis.
7. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mohon maaf apabila dalam penyusunan karya ini banyak kekurangan, karena kesempurnaan hanya milik Allah. Akhirnya penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat bagi semuanya. Aamiin.

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
 I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	2
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
 II. LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka.....	
1. Karakteristik Tanah Ultisol.....	4
2. <i>Tithonia diversifolia</i> .....	5
3. Bakteri Asam Laktat.....	8
4. Unsur Fosfor.....	11
5. Tanaman Kedelai.....	12
B. Kerangka berpikir.....	
C. Hipotesis.....	15
 III. METODE PENELITIAN	15
A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	15
B. Bahan dan Alat.....	17
C. Perancangan Penelitian dan Analisis Data.....	19
D. Tata Laksana Penelitian.....	20
E. Variabel Pengamatan.....	
F. Analisis Laboratorium.....	22
 IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	24

A. Analisis Awal.....	26
B. Pengaruh Perlakuan Terhadap P Tersedia Tanah.....	
C. Pengaruh Perlakuan Terhadap Serapan P Tanaman.....	35
V. KESIMPULAN DAN SARAN	37
A. Kesimpulan.....	38
B. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
4.1	Hasil Analisis Tanah Ultisol Sebelum Perlakuan.....	17
4.2	Hasil Analisis Biomasa <i>Tithonia diversifolia</i> .....	18

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
4.1	Grafik Hubungan P Tersedia Inkubasi ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) Dengan Bakteri Asam Laktat dan Biomasa <i>Tithonia diversifolia</i> .....	21
4.2	Grafik Hubungan P Tersedia Akhir ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) Dengan Bakteri Asam Laktat dan Biomasa <i>Tithonia diversifolia</i> .....	21
4.3	Grafik Hubungan Serapan P Tanaman ( $\text{mg/tnm}$ ) Dengan Bakteri Asam Laktat dan Biomasa <i>Tithonia diversifolia</i> .....	24



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1	Rekapitulasi Data Hasil Analisis Ragam.....	31
2	Hasil Pengamatan P Tersedia Tanah (mg.kg <sup>-1</sup> ).....	32
3	Hasil Pengamatan pH H <sub>2</sub> O Tanah.....	33
4	Hasil Pengamatan Al Anorganik (%).....	34
5	Hasil Pengamatan Bahan Organik Tanah (%) Inkubasi .....	35
6	Hasil Pengamatan Bahan Organik Tanah (%) Akhir .....	36
7	Hasil Pengamatan P Total Tanah (mg.kg <sup>-1</sup> ).....	37
8	Hasil Pengamatan P Jaringan Tanaman (%).....	38
9	Hasil Pengamatan Serapan P Tanaman (gram/pot).....	39
10	Hasil Pengamatan Berat Brangkas Kering (gram).....	40
11	Rekapitulasi Data Hasil Uji DMR 5%.....	41
12	Rekapitulasi Data Hasil Uji Mood-Median.....	42
13	Uji korelasi ( <i>Pearson correlation</i> ) Antar Variabel.....	43
14	Penghitungan Kebutuhan Pupuk.....	46
15	Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa</i> L.) Pada Berbagai Perlakuan.....	49

Ucapan terima kasih

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah dan kesempatan kepadaku untuk menyelesaikan kuliah dan juga skripsiku.
2. Ayah dan Ibu yang selalu mendukungku dan mengajarkan semua hal yang berguna untukku, juga kasih sayang mereka yang tidak pernah berkurang sedikitpun meski aku sering mengecewakan mereka.
3. My 'BIG' Brother Yoga, makasiiiihhh banget dah jadi 'supir pribadiku'. Makasih dah mau nemenin aku ke warnet, selalu jadi temen berantemku, temen curhatku, temen melekkku. You are my Best Brother. Thank you guys.
4. Amal dan Suti, makasih semangatnya.
5. List, makasih dah bantu analisis data, makasih juga dah mau jadi tempatku berkeluh kesah.
6. Seven Angel's: Pus, Pita, Anggun, Dowel, Amal (kusebut manamu lagi pren), Uli + Dewi, kapan kita ke Grojogan Sewu lagi, aku dah kangen.
7. Temen-temen '02 yang ta bisa kusebutkan nam kalian satu2 (kedawan) makasih kebersamaannya, aku menemukan suka, duka, tawa, canda, sedih, sebel, marah dan .....???

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Budidaya kedelai pada lahan kering di Indonesia menempati areal seluas 27 % dari total areal pertanaman kedelai yang sebagian besar berupa tanah Ultisol. Namun budidaya kedelai pada tanah Ultisol menghadapi berbagai kendala seperti rendahnya tingkat kesuburan dan pH serta tingginya daya fiksasi terhadap P dan kejenuhan Al. Rendahnya ketersediaan P pada tanah Ultisol disebabkan karena tanah Ultisol terbentuk dari bahan induk batuan liat (Munir, 1996), siklus masukan P yang tidak seimbang dengan pemanfaatannya, terjadi jerapan P oleh mineral liat, serta pengikatan P oleh hidro-oksida Al, Fe yang mengakibatkan P tidak larut, sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu produktivitas kedelai pada tanah Ultisol umumnya rendah (sekitar 0.70 t/ha) (Kuntyastuti, 2000).

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan P dan produktivitas kedelai pada tanah Ultisol adalah dengan menambahkan bahan organik. Dekomposisi bahan organik menghasilkan asam-asam organik yang dapat mengikat ion Al dan Fe dari larutan tanah dan membentuk senyawa kompleks yang sukar larut, sehingga P tersedia meningkat. *Tithonia diversifolia* merupakan salah satu sumber bahan organik, karena jumlahnya yang cukup banyak. Hasil penelitian Supriyadi (2002) menunjukkan bahwa *Tithonia diversifolia* mampu menghasilkan biomasa dalam jumlah besar (275 ton bahan hijauan atau setara 55 ton berat kering per hektar), nisbah C/P kurang dari 200, daun-daun kering *Tithonia* mempunyai kandungan : N (3,5%), P (0,32%), K (3,1%), polifenol larut (2,9%), lignin (9,8 %) cepat tumbuh bila dipangkas, serta menurunkan jerapan P oleh Al-Fe oksida dalam tanah.

Proses perombakan *Tithonia* memerlukan waktu sekitar 2-16 minggu sehingga perlu upaya untuk mempercepat dekomposisi *Tithonia* dengan cara

menambahkan bakteri asam laktat. Bakteri ini menghasilkan asam laktat yang dapat meningkatkan percepatan perombakan bahan-bahan organik, menghancurkan bahan-bahan organik seperti lignin, selulosa, serta memfermentasikan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan yang diakibatkan dari bahan-bahan organik yang tidak terurai.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai penambahan biomasa *Tithonia* dan bakteri asam laktat terhadap ketersediaan P pada tanah Ultisol dan serapan P dengan menggunakan tanaman kedelai (*Glycine max*. (L) Merrill) sebagai indikator.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, dapat disusun perumusan masalah sebagai berikut: Apakah penambahan biomasa *Tithonia diversifolia* dan bakteri asam laktat dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan P tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada tanah Ultisol?

## **C. Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh interaksi biomasa *Tithonia diversifolia* dan bakteri asam laktat terhadap ketersediaan dan serapan fosfor tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada tanah Ultisol.

## **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi bahwa penambahan biomasa *Tithonia diversifolia* dan bakteri asam laktat merupakan salah satu cara untuk mengatasi rendahnya ketersediaan fosfor pada tanah Ultisol.

## **II. LANDASAN TEORI**

### **A. Tinjauan Pustaka**

#### **1. Karakteristik Tanah Ultisol**

Ultisol merupakan tanah-tanah yang telah mengalami pencucian intensif (Foth, 1991). Tanah Ultisol adalah tanah mineral yang berada pada daerah temperate sampai tropika, mempunyai horison argilik atau kandik atau fragipan dengan lapisan liat tebal. Tanah Ultisol di Indonesia umumnya berkembang dari bahan induk tua (terutama bahan induk batuan liat). Pencucian yang berjalan sangat lanjut mengakibatkan tanah bereaksi masam dan kejenuhan basa rendah sampai lapisan bawah tanah (sekitar 1,8 m dari permukaan tanah) (Munir, 1996).

Tanah Ultisol dikenal luas sebagai Podzolik Merah Kuning. Tanah ini mendominasi lahan kering yang ada di Sumatra, Kalimantan dan Jawa. Total luas tanah Ultisol sekitar 45.79 juta ha atau 24.3 % dari luas lahan di Indonesia dan sebagian besar tersebar di Kalimantan Timur (10.04 juta ha), Irian Jaya (7.62 juta ha), Kalimantan Barat (5.71 juta ha), Kalimantan Tengah (4.81 juta ha), dan Riau (2.27 juta ha) (Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, 2007).

Menurut penelitian Purnomo (2006), tanah di desa Ngunut, Jumantono termasuk tanah Ultisol, karena mempunyai Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada lapisan I sebesar 21.14 cmol.kg<sup>-1</sup>, lapisan II sebesar 17.61 cmol.kg<sup>-1</sup>, dan lapisan III sebesar 24.52 cmol.kg<sup>-1</sup>, mempunyai Kejenuhan Basa (KB) pada lapisan I sebesar 22.30%, lapisan II sebesar 24.52% dan lapisan III sebesar 25.23%, serta mempunyai pH pada lapisan I sebesar 5.20, lapisan II sebesar 5.12 dan lapisan III sebesar 5.37. Faktor utama yang membedakan tanah Alfisol dan tanah Ultisol adalah kejenuhan basa. Tanah Alfisol mempunyai horizon argilik dengan KB>35%, sedangkan tanah Ultisol mempunyai horizon argilik dengan KB<35%.

Di Indonesia tanah Ultisol mempunyai lapisan permukaan yang sangat terlindi, berwarna kelabu cerah sampai kekuningan di atas horizon akumulasi yang bertekstur relatif berat dan berwarna merah atau kuning dengan struktur gumpal, agregat kurang stabil dan permeabilitas tanah rendah. Perkembangan lapisan permukaan yang terlindi kadang-kadang kurang nyata. Bahan induk seringkali berbecak kuning, merah dan kelabu dan tersusun atas batuan bersilika, batu lapis (shales), batu pasir dan batu lempung (Darmawijaya, 1997). Tanah-tanah Ultisol terdapat pada dataran-dataran di Banten, Lampung, Sumatera Timur, Sumatera Selatan, Aceh dan Sulawesi Tenggara. Daerah ini mempunyai topografi berombak sampai rata (Hakim *et al.*, 1986).

Permasalahan utama yang dijumpai pada tanah Ultisol adalah pH tanah yang rendah (masam), kandungan bahan organik dan ketersediaan hara rendah terutama unsur P. Tanah Ultisol merupakan tanah marginal untuk pertanian tanaman pangan karena sifat kimia dan fisika tanahnya buruk. Untuk memperbaiki kondisi tanah demikian diperlukan teknik pengelolaan antara lain dengan pemberian kapur dan pemupukan (Dermiyati, 1999). Pada tanah Ultisol ion fosfat diikat oleh logam aluminium dan besi dan adanya penyematan antara fosfat oleh mineral liat kaolinit, menyebabkan fosfat menjadi tidak larut dalam air dan menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Pada tanah masam, kelarutan logam Al dan Fe sangat tinggi yang dapat bereaksi dengan fosfat sehingga terbentuk kompleks Al-P dan Fe-P (Tan, 1991).

Mobilitas P dalam tanah Ultisol sangat rendah dan unsur P dari pupuk cepat dijerap oleh tanah menjadi bentuk tidak tersedia bagi tanaman. Pada beberapa jenis tanah, tanggapan tanaman terhadap pupuk P dipengaruhi oleh kadar bahan organik tanah. Bahan organik meningkatkan pergerakan P dan kadar P dalam tanah. Menurut penelitian Kuntastyuti (2001), hasil kedelai di tanah Ultisol Payaman Lamongan tidak dipengaruhi oleh pemberian pupuk SP 36 sampai takaran 150 kg/ha (54 kg  $P_2O_5$ /ha), sedangkan penambahan kotoran ayam 20 t/ha dan SP 36 100 kg/ha

meningkatkan polong isi 30/tanaman dibanding tanpa kotoran ayam dan pupuk SP 36. Tidak adanya tanggapan tanaman kedelai terhadap pupuk SP 36 disebabkan antara lain oleh takaran pupuk SP 36 yang ditambahkan masih kurang dan sebagian besar P dari SP 36 diikat oleh unsur Fe dan Mn.

## **2. *Tithonia diversifolia***

*Tithonia diversifolia* atau bunga matahari liar (bunga matahari Meksiko), adalah tanaman sukulen dan tanaman semak, yang termasuk dalam famili Asteraceae=Compositae yang umumnya digunakan sebagai sumber pupuk hijau. Tanaman ini mengandung unsur hara P yang tinggi dan dapat menyediakan hara-hara lain meskipun pada tanah yang bermasalah (Sharrock *et al.*, 2004). Tanaman ini tumbuh tersebar di daerah iklim humid dan sub humid, pada ketinggian 0-1000 mdpl, dapat tumbuh hingga 1-3 meter dan mempunyai daun yang berselang-seling di hampir sepanjang tangkainya. Setiap daun mempunyai 3-5 cuping dengan tepi bergerigi, berujung dan sebuah petiola yang panjang. Daun-daun mempunyai banyak rambut pada sisi bagian yang lebih rendah, sehingga memberi kesan penampakan warna abu-abu. Kelopak bunga *Tithonia* mempunyai diameter sekitar 3 cm dan mempunyai daun bunga berwarna kuning sepanjang 4-6 cm. Berdasarkan sistem taksonomi, *Tithonia diversifolia* diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivision	: Spermatophyta
Division	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Subclass	: Asteridae
Order	: Asterales
Family	: Asteraceae
Genus	: <i>Tithonia</i> Desf. Ex Juss.
Species	: <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl) Gray

(Kendall dan van Houten, 1997).

Efektivitas *Tithonia diversifolia* sebagai sumber bahan organik untuk perbaikan ketersediaan P tanah ditunjukkan oleh kemampuan *Tithonia diversifolia* melepaskan secara cepat N, P, K tersedia, menurunkan P yang terjerap oleh Al-Fe oksida dalam tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah dan pengatutan siklus hara P (Palm, 1996 *dalam* Supriyadi, 2002). Aktivitas mikrobial akan merubah fosfat-organik menjadi bentuk fosfat inorganik dan menghasilkan asam organik. Asam organik seperti asam sitrat, asam malat dan asam asetat merupakan anion pesaing yang akan menutup permukaan mineral alofan dan oksida hidrat Al dan Fe (Hue, 1991 *dalam* Supriyadi dan Purwanto, 2003).

Menurut penelitian Palm (1996) *dalam* Supriyadi (2002) menyebutkan bahwa *Tithonia diversifolia* merupakan sumber bahan organik yang potensial untuk pengelolaan P tanah. Bahan organik *Tithonia diversifolia* mempunyai kualitas yang tinggi, dengan nisbah C/P < 200, kandungan : N (3,5%), P (0,32%), K (3,1%), lignin (9%) dan polifenol larut (2,9%). Penambahan bahan organik *Tithonia diversifolia* 5,5 ton bahan kering per ha, dapat meningkatkan P tanah setelah 2-16 minggu digunakan. Hasil penelitian ini memberikan kesimpulan awal bahwa *Tithonia diversifolia* sangat efektif sebagai sumber unsur hara khususnya P.

Bahan organik dikatakan berkualitas tinggi bila kandungan N tinggi, konsentrasi lignin dan polifenol rendah, serta memiliki sinkronisasi pelepasan hara dengan saat tanaman membutuhkannya. Nilai kritis (batas terjadinya mineralisasi atau imobilisasi) suatu bahan organik adalah sebagai berikut:

- Nilai kritis konsentrasi N adalah 1.9 %, lignin >15 % dan polifenol > 2 % artinya semakin tinggi konsentrasi N bahan organik semakin mudah terjadi dekomposisi sedangkan semakin tinggi konsentrasi lignin dan polifenol semakin sulit terdekomposisi.
- Nilai kritis konsentrasi P dalam bahan organik adalah 0.25 %, artinya jika konsentrasi P dalam bahan organik > 0.25 % akan terjadi



mineralisasi sehingga unsur P menjadi tersedia sedangkan jika konsentrasi P < 0.25 % akan terjadi imobilisasi.

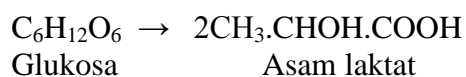
- Nilai kritis total konsentrasi kation (K, Ca, Mg, dan Na) > 50 cmol.kg<sup>-1</sup>, artinya jika konsentrasi kation > 50 cmol.kg<sup>-1</sup> mampu mengikat Al.

(Hairiah, *et al.*, 2000).

Menurut penelitian Supriyadi dan Holly (2003) menunjukkan bahwa pemberian *Tithonia diversifolia*, *Tephrosia candida* dan kombinasi keduanya berpengaruh nyata terhadap penurunan jerapan P tanah dibanding kontrol. Pada tanah Andisol Tawangmangu, jerapan P tanah menurun sebesar 0,04; 0,01; 0,04 dan 0,03 dibanding kontrol (91,35%) masing-masing untuk *Tithonia diversifolia*, *Tephrosia candida*, *Tithonia diversifolia*+*Tephrosia candida*, dan KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Penurunan jerapan P diikuti dengan bertambahnya P tersedia pada tanah Andisol.

### 3. Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat merupakan bakteri gram positif yang menghasilkan asam laktat. Bakteri ini tumbuh secara anaerob (Brock, 1994). Berdasarkan hasil fermentasi, bakteri asam laktat dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu homofermentatif dan heterofermentatif. Pada kelompok homofermentatif, gula difermentasi menghasilkan asam laktat sebagai satu-satunya produk:



Bakteri yang tergolong homofermentatif misalnya *Pediococcus*. *Pediococcus* umumnya membentuk tetrad, bersifat katalase negatif dan mikroaerofilik (Fardiaz, 1989).

Bakteri asam laktat membutuhkan karbohidrat, asam amino, lipid, vitamin dan mineral untuk pertumbuhannya sehingga harus tersedia di dalam substrat atau carriernya (Ansori, 1989).

Bakteri ini memproduksi asam laktat sebagai hasil dari penguraian gula dan karbohidrat lain yang bekerja sama dengan bakteri fotosintesis dan ragi. Asam laktat ini merupakan bahan sterilisasi yang sangat kuat dan

dapat menekan mikroorganisme berbahaya dan dapat menguraikan bahan organik dengan cepat. Bakteri ini dapat hidup pada kisaran suhu 5°C-53°C. Sedangkan suhu optimum biasanya antara 30°C-40°C (Anonim, 2007).

Bakteri asam laktat merupakan bakteri yang mempunyai kemampuan untuk membentuk asam laktat dari metabolisme karbohidrat. Bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat yang dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan dan meningkatkan percepatan perombakan bahan-bahan organik, menghancurkan bahan-bahan organik seperti lignin, selulosa, serta memfermentasikan tanpa menimbulkan pengaruh-pengaruh yang merugikan yang diakibatkan oleh bahan-bahan organik yang tidak terurai (Inkorena, 1998).

#### **4. Unsur Fosfor**

Fosfor merupakan unsur hara esensial tanaman dan diperlukan dalam jumlah besar (hara makro). Jumlah fosfor dalam tanaman lebih kecil dibandingkan dengan nitrogen dan kalium, tetapi fosfor dianggap sebagai kunci kehidupan (key of life) (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Tanaman menyerap sebagian besar unsur hara fosfor dalam bentuk ion ortofosfat primer ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Sejumlah kecil diserap dalam bentuk ion ortofosfat sekunder ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Kemasaman (pH) tanah sangat besar pengaruhnya terhadap perbandingan serapan ion-ion tersebut, yaitu makin masam kadar  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  makin besar sehingga makin banyak yang diserap oleh tanaman dibandingkan dengan  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Pada pH tanah sekitar 7,22 konsentrasi dan setimbang (Tisdale, 1985).

Fosfor yang diserap tanaman dalam bentuk ion anorganik cepat berubah menjadi senyawa fosfor organik. Fosfor ini mobil atau mudah bergerak antar jaringan tanaman. Kadar optimal fosfor dalam tanaman pada saat pertumbuhan vegetatif adalah 0.3% - 0.5% dari berat kering tanaman (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Pada tanaman muda, kadar fosfor paling tinggi dijumpai pada pusat-pusat pertumbuhan. Unsur fosfor bersifat mobil dalam tanaman, yaitu apabila tanaman defisiensi fosfor maka fosfor yang ada dalam jaringan tua akan dimobilisasi ke jaringan muda, sehingga yang

defisiensi lebih dulu pada jaringan tua. Serapan fosfor pada saat fase vegetatif yaitu mulai perkecambahan hingga akan berbunga (Jacob, 1963).

Fosfor dalam tanaman mempunyai fungsi yang sangat penting yaitu dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer energi, pembelahan dan pembesaran sel, serta proses-proses di dalam tanaman lainnya. Fosfor meningkatkan kualitas buah, sayuran, biji-bijian dan sangat penting dalam pembentukan biji. Selain itu Fosfor sangat penting dalam transfer sifat-sifat menurun dari satu generasi ke generasi berikutnya. Fosfor membantu mempercepat perkembangan akar dan perkecambahan, dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, meningkatkan daya tahan terhadap penyakit yang akhirnya meningkatkan kualitas hasil panen (Black, 1973).

Fungsi fosfor sangat penting, sehingga defisiensi fosfor dapat berdampak pada penyediaan energi (misal dalam kloroplas), proses metabolisme yang memerlukan energi (biosintesis: protein, asam nukleat), terhambatnya pertumbuhan dengan memperhatikan ratio berat kering tunas atau akar (rendah) juga terhambatnya pertumbuhan tunas baru, berpengaruh pada kualitas buah, kualitas biji dan hasil yang rendah (Anonim, 2007).

Tanda atau gejala pertama tanaman kekurangan fosfor adalah tanaman menjadi kerdil, bentuk daun tidak normal dan apabila defisiensi akut ada bagian-bagian daun, buah, dan batang yang mati. Daun-daun tua akan terpengaruh lebih dulu dibandingkan dengan yang muda. Defisiensi fosfor juga dapat menyebabkan penundaan pemasakan. Tanaman biji-bijian yang tumbuh pada tanah-tanah yang khat fosfor menyebabkan pengisian biji berkurang (Buckman dan Brady, 1982).

Fosfor di dalam tanah sukar tercuci oleh air hujan maupun air pengairan. Hal ini dikarenakan fosfor bereaksi dengan ion lain dan membentuk senyawa yang tingkat kelarutannya berkurang, sehingga menjadi senyawa yang tidak mudah tercuci, bahkan sebagian menjadi ion yang tidak tersedia untuk tanaman atau terfiksasi oleh senyawa lain (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Secara umum fosfor di dalam tanah dapat dikelompokkan menjadi fosfor organik dan anorganik. Ketersediaan fosfor organik relatif lebih tinggi dibandingkan fosfor anorganik. Bentuk fosfor anorganik tanah sebagian besar berkombinasi dengan Al, Fe, Ca, F dan lain-lainnya. Kelarutan senyawa tersebut sangat bervariasi dari sangat larut hingga tidak larut. Selain itu fosfat juga bereaksi dengan liat membentuk kompleks fosfat liat tidak larut. Senyawa fosfor organik dalam tanah antara lain fosfolipida, asam suksinat, fitin dan inositol fosfat. Fosfat tersebut dengan mudah diubah atau didekomposisi oleh mikrobial (Sanchez, 1993).

Menurut hasil penelitian yang dilakukan pada lahan kering Ultisols Lampung Tengah dan Tulang Bawang, yang mempunyai pH sekitar 4 dan P tersedia masing-masing 13,0 dan 21,3 ppm, menunjukkan bahwa pemupukan P sebesar 36 kg SP36/ha (pupuk dasar 34,5 kg N/ha, 45 kg K<sub>2</sub>O/ha dan pengapuran 500 kg dolomit/ha) meningkatkan hasil kedelai varietas Tanggamus sebesar 16 % (dari 1,55 menjadi 1,80 ton/ha) dan 61 % (dari 0,64 menjadi 1,03 ton/ha) (Taufik, 2005).

## 5. Tanaman Kedelai

Menurut Caldwell (1973), kedudukan tanaman kedelai dalam sistematik tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut :

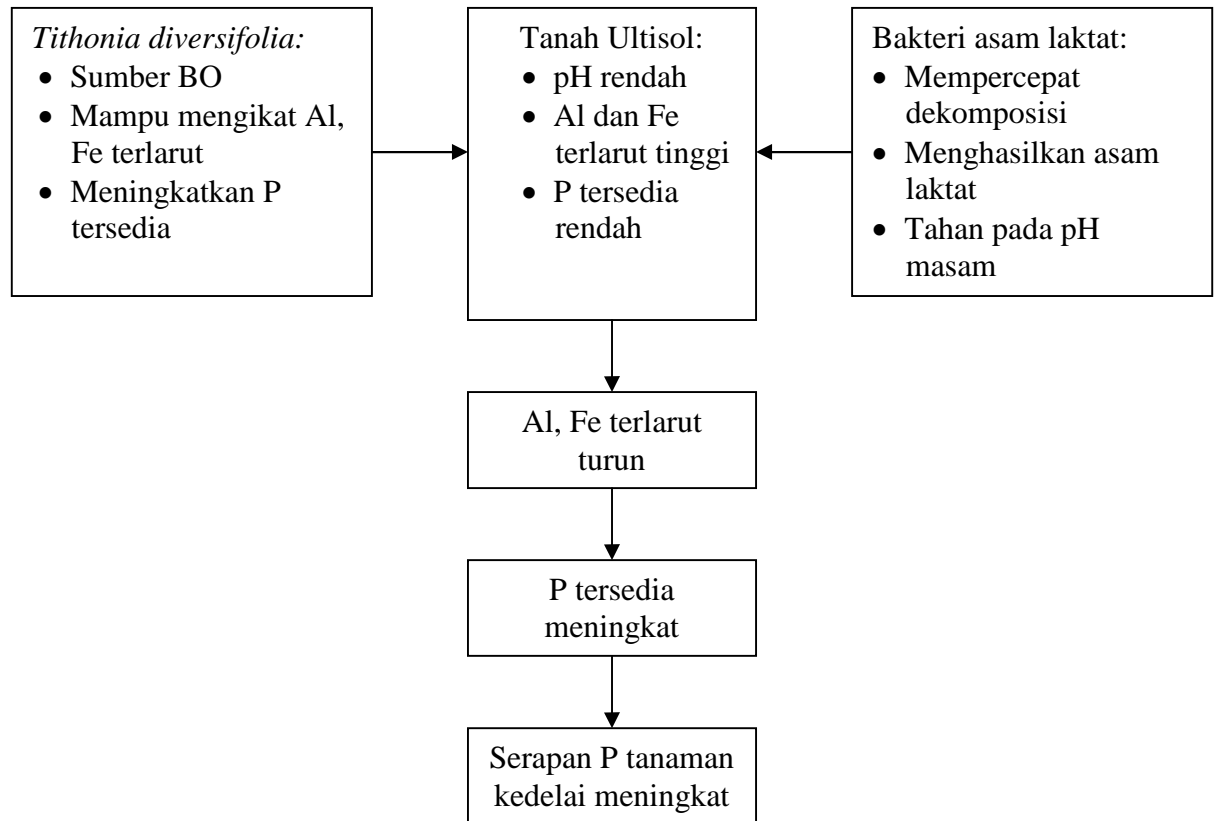
Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub division	: Angiospermae
Klasis	: Dicotyledoneae
Ordo	: Polypetales
Familia	: Leguminosae (Papilionaceae)
Sub familia	: Papilionoideae
Genus	: Glycine
Species	: <i>Glycine max</i> (L.) Merril

Kedelai merupakan tanaman semusim, berupa semak rendah, tumbuh tegak, dan berdaun lebat. Tinggi tanaman berkisar antara 10-200 cm, Daun pertama yang keluar dari buku sebelah atas kotiledon berupa daun tunggal

berbentuk sederhana dan letaknya berseberangan. Daun-daun yang terbentuk kemudian adalah daun bertiga dan letaknya berselang-seling. Adakalanya terdapat daun dengan empat anak daun. Batang, polong dan daun ditumbuhi bulu berwarna abu-abu atau coklat, dan bunga berwarna ungu (Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

Pada lahan kering dengan pH tanah masam biasanya terjadi keracunan Al, Fe dan kekurangan P. Pada lahan bukaan baru dengan jenis tanah Ultisol pengaruh pemupukan terhadap hasil kedelai sangat nyata. Pada tanah Ultisol dengan kandungan NPK rendah, tanggapan kedelai terhadap pemupukan sangat nyata terutama terhadap pupuk fosfat (Somaatmadja, 1985).

## B. Kerangka Berpikir



## C. Hipotesis

Ada interaksi positif antara biomasa *Tithonia diversifolia* dan bakteri asam laktat terhadap ketersediaan dan serapan P tanaman kedelai pada tanah Ultisol.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rumah Kaca Fakultas Pertanian UNS. Sedangkan analisis tanah dan tanaman dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dan Kesuburan Tanah. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Desember 2006 sampai Maret 2007.

#### B. Bahan Dan Alat Penelitian

##### 1. Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain: tanah Ultisol yang diambil dari desa Ngunut, Jumantono pada ketinggian 260 m dpl dengan kemiringan 13 % pada 110<sup>0</sup>35 BT dan 7<sup>0</sup>33 LS, biomasa *Tithonia diversifolia* yang digunakan adalah daun dan ranting yang dikeringanginkan, bakteri asam laktat dalam carrier (bekatul dan tepung cassava dengan perbandingan 1:1) yang berumur 2 bulan, benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) varietas lokal, pupuk dasar seperti urea dan KCl, formaldehid 2% dan bahan-bahan kimia seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, HNO<sub>3</sub> pekat, HClO<sub>4</sub> pekat, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, HCl pekat, larutan Bray I dan sebagainya untuk analisis Laboratorium

##### 2. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Timbangan analitik untuk menimbang tanah, polibag untuk meletakkan tanah yang akan digunakan sebagai media tanam, saringan 0,5 mm untuk menyaring tanah yang akan digunakan untuk analisis laboratorium dan 2 mm untuk tanah yang digunakan sebagai media tanam, kertas label untuk melabeli polibag, alat-alat seperti spektrofotometer, pHmeter, erlenmeyer, labu ukur, gelas ukur, tabung reaksi, gelas piala, dan sebagainya untuk analisis Laboratorium

### C. Perancangan Penelitian Dan Analisis Data

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan dengan pot percobaan. Penelitian ini menggunakan rancangan dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor ;

Faktor pertama adalah biomasa *Tithonia diversifolia* yang terdiri atas tiga taraf yaitu:

- T1 : 10 ton/ha (setara dengan 30 gr/polibag tanah)
- T2 : 20 ton/ha (setara dengan 60 gr/polibag tanah)
- T3 : 30 ton/ha (setara dengan 90 gr/polibag tanah)

Faktor kedua adalah bakteri asam laktat dalam carrier yang terdiri atas 3 taraf yaitu:

- B0 : 0 % biomasa *Tithonia diversifolia*
- B1 : 10 % biomasa *Tithonia diversifolia*
- B2 : 20 % biomasa *Tithonia diversifolia*

Dari perlakuan diatas didapat 9 kombinasi perlakuan yang diulang 3 kali sehingga didapat 27 perlakuan dengan kombinasi sebagai berikut:

T1B0	T1B1	T1B2
T2B0	T2B1	T2B2
T3B0	T3B1	T3B2

### D. TataLaksana Penelitian

#### 1. Persiapan tanah

Tanah diambil secara komposit pada kedalaman 20 cm, kemudian dikeringanginkan, ditumbuk dan disaring dengan saringan 2 mm untuk media tanam, masing-masing ditimbang 6 kg/polibag dan disaring dengan saringan 0,5 mm untuk analisis tanah awal.

#### 2. Persiapan biomasa *Tithonia diversifolia*

Biomasa *Tithonia diversifolia* yang digunakan adalah bagian daun dan ranting, yang kemudian dikeringanginkan dan dihaluskan.



3. Persiapan bakteri asam laktat

Bakteri asam laktat yang digunakan berada dalam carier yang disiapkan dalam bentuk padat. Carier yang digunakan yaitu campuran antara tepung cassava dan bekatul.

4. Penyeterilan tanah

Tanah yang sudah siap dalam polibag disterilkan terlebih dahulu dengan formaldehid 2% untuk meminimalkan mikrobia indigenous. Penyeterilan tanah dilakukan dengan cara mencampur formaldehid dan tanah, kemudian dibiarkan selama 4 hari dengan ditutup plastik.

5. Inkubasi

Tanah yang telah steril diberi biomasa *Tithonia diversifolia* ditambah bakteri asam laktat dalam carier dan dicampur secara merata, kemudian diinkubasi selama 2 minggu dan dijaga kelembabannya dengan memberi tutup plastik di atas polibag agar tidak terkontaminasi udara luar.

6. Pemberian pupuk

Setelah inkubasi selesai, satu hari sebelum tanam diberi tambahan pupuk urea 100 kg/ha (setara dengan 0.3 g/pot), KCl 75 kg/ha (setara dengan 0.225 g/pot) sebagai pupuk dasarnya.

7. Penanaman dan penjarangan

Penanaman kedelai dilakukan membuat lubang tanam sedalam 3-5 cm dan menanam 3 biji/polibag. Setelah benih tumbuh, dipelihara satu yang pertumbuhannya baik dan seragam.

8. Pemeliharaan

- a. Penyiraman dilakukan setiap hari dengan volume pemberian air mencapai kapasitas lapang.
- b. Penyiangan dilakukan dengan mencabut gulma yang tumbuh di sekitar tanaman kedelai yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman.

9. Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada saat tanaman kedelai mencapai umur vegetatif maksimum yaitu saat berumur (45-60 HST), yang ditandai dengan munculnya bunga. Tanaman diambil mulai dari akar sampai

daunnya dan dibersihkan tanahnya. Setelah dipanen tanaman kedelai ditimbang berat brangkasanya kemudian dioven dengan suhu  $80^{\circ}\text{C}$  setelah itu ditimbang lagi. Tanaman kedelai yang telah kering diblender untuk analisis jaringan tanaman dan tanahnya diambil untuk analisis tanah akhir.

#### **E. Variabel Yang Diamati**

1. Variabel Utama, meliputi
  - a. P tersedia dengan metode Bray I
  - b. Serapan P tanaman kedelai
2. Variabel Pendukung
  1. Beberapa sifat kimia tanah awal, setelah inkubasi dan saat vegetatif maksimum, meliputi:
    - a. P total dengan metode ekstrak  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{HClO}_4$  pekat
    - b. Al anorganik dengan metode ekstrak asam oksalat
    - c. pH  $\text{H}_2\text{O}$  dengan metode elektrometri
    - d. Bahan organik dengan metode Walkey and Black
  2. Pertumbuhan tanaman kedelai, meliputi:
    - a. Bobot brangkasan segar
    - b. Bobot brangkasan kering
    - c. P jaringan tanaman

#### **F. Analisis Data**

Analisis data hasil pengamatan menggunakan Analisis Ragam (uji F) taraf 5% (untuk data normal) dan Kruskal-Wallis (untuk data tidak normal) untuk mengetahui pengaruh perlakuan, sedangkan untuk membandingkan antar kombinasi perlakuan menggunakan DMRT (Duncan Multiple Range Test) 5 % dan uji Mood-Median serta uji Korelasi untuk mengetahui keeratan hubungan antar variabel.

## IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Karakteristik Tanah Awal

Hasil analisis tanah Ultisol sebelum perlakuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil analisis tanah awal sebelum perlakuan

Macam Analisis	Nilai	Harkat
pH H <sub>2</sub> O	5.4	Masam*)
KTK (cmol.kg <sup>-1</sup> )	12.76	Rendah*)
KB(%)	21.27	Rendah*)
BO(%)	2.89	Sangat Rendah*)
P Tersedia (mg.kg <sup>-1</sup> )	1.16	Sangat Rendah *)
P Total (mg.kg <sup>-1</sup> )	375	Rendah **)
Al anorganik (%)	0.18	Sangat rendah**)

Sumber : Hasil analisis Laboratorium Ilmu Tanah FP UNS Surakarta 2007

Keterangan : \*)Pengharkatan menurut PPT, 1983

\*\*) Pengharkatan menurut Blakemore, *et al.*, 1987

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa tanah Ultisol Jumantono mempunyai sifat kimia yang kurang baik, karena memiliki pH rendah/masam (5.4), kandungan bahan organik tanah 2.89 %, KTK 12.76 cmol.kg<sup>-1</sup>, kejenuhan basa 21.27 % dan P tersedia tanah sebesar 1.16 mg.kg<sup>-1</sup>. Rendahnya pH pada tanah Ultisol disebabkan karena pencucian basa-basa yang meninggalkan Al dan Fe oksida/hidroksida. Menurut Hakim *et al.*, (1986) Al dan Fe merupakan salah satu penyebab kemasaman tanah di samping ion hidrogen. Selain itu KTK dan kejenuhan basa tanah ini termasuk rendah yaitu sebesar 12.76 cmol.kg<sup>-1</sup> dan 21.27 %. Foth (1994) menjelaskan bahwa pada tanah Ultisol jumlah basa yang dipertukarkan dan presentase kejenuhan basa sangat rendah. Adanya kejenuhan basa yang rendah disebabkan karena tanah Ultisol merupakan tanah yang telah lanjut dan mengalami proses pencucian yang intensif sehingga menyebabkan pemiskinan unsur hara dalam bentuk kation basa. P tersedia tanah sangat rendah yaitu sebesar 1.16 mg.kg<sup>-1</sup> dan P total tanah sebesar 375 mg.kg<sup>-1</sup>.

Rendahnya P tersedia tanah disebabkan karena rendahnya pH tanah. Tanah yang memiliki pH rendah atau masam biasanya mengandung ion  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  terlarut dan tertukarkan dalam jumlah yang cukup tinggi. Semakin rendah pH tanah, maka semakin besar pula konsentrasi Al, Fe dan Mn yang larut sehingga menyebabkan jumlah fosfor yang diikat semakin besar (Tan, 1991). Oleh karena itu di dalam pengelolaan P diharapkan menghasilkan peningkatan P di dalam tanah dan mempertinggi efisiensi penggunaan pupuk P.

Hal ini sesuai dengan penelitian Purnomo (2006), yang menyatakan bahwa tanah Ultisol di Jumantono mempunyai sifat kimia yang kurang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah Ultisol Jumantono mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) sebesar  $21.14 \text{ cmol.kg}^{-1}$  dan kejenuhan basa sebesar 22.30%. Sedangkan pH tanah sebesar 5.2 dan P tersedia sebesar  $2.56 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Tabel 4.2 Hasil Analisis Biomasa *Tithonia diversifolia*

Macam Analisis	Nilai
C-organik (%)	34.87
BO (%)	59.97
N (%)	1.4
P (%)	0.31
K (%)	1.44
Ca (%)	1.3*
Lignin (%)	9.8*
Polifenol (%)	3.3*

Sumber : Hasil analisis Laboratorium Ilmu Tanah FP UNS Surakarta 2007

Keterangan: \*) Data Sekunder Hasil Analisis Supriyadi 2003

Dari hasil analisis biomasa *Tithonia diversifolia* di atas dapat diketahui bahwa biomasa *Tithonia diversifolia* mempunyai kualitas yang baik sebagai bahan organik, karena unsur hara yang terkandung dalam *Tithonia diversifolia* termasuk tinggi. Menurut Supriyadi (2002), sumber bahan organik yang memiliki kandungan  $\text{P} > 0.25 \%$  dapat meningkatkan ketersediaan P dalam

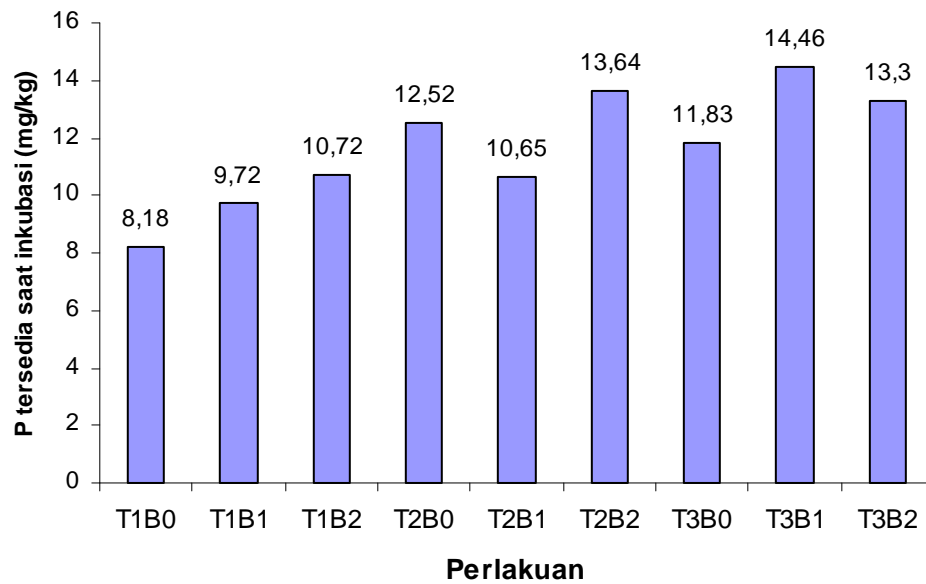
larutan tanah melalui penurunan jerapan P tanah. Oleh sebab itu, biomasa *Tithonia diversifolia* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan salah satu sumber bahan organik yang dapat meningkatkan ketersediaan hara P dalam tanah karena mempunyai kandungan P sebesar 0.31%. Selain itu biomasa *Tithonia diversifolia* mempunyai kandungan lignin dan polifenol yang rendah. Hal ini akan mempengaruhi kecepatan dekomposisi dan pelepasan unsur hara (mineralisasi) (Hakim *et al.*, 1986). Adanya manfaat dari pemberian biomasa *Tithonia diversifolia*, diharapkan dapat meningkatkan kesuburan tanah Ultisol, terutama dalam meningkatkan ketersediaan P tanah.

## **B. Pengaruh Perlakuan Terhadap P tersedia Tanah**

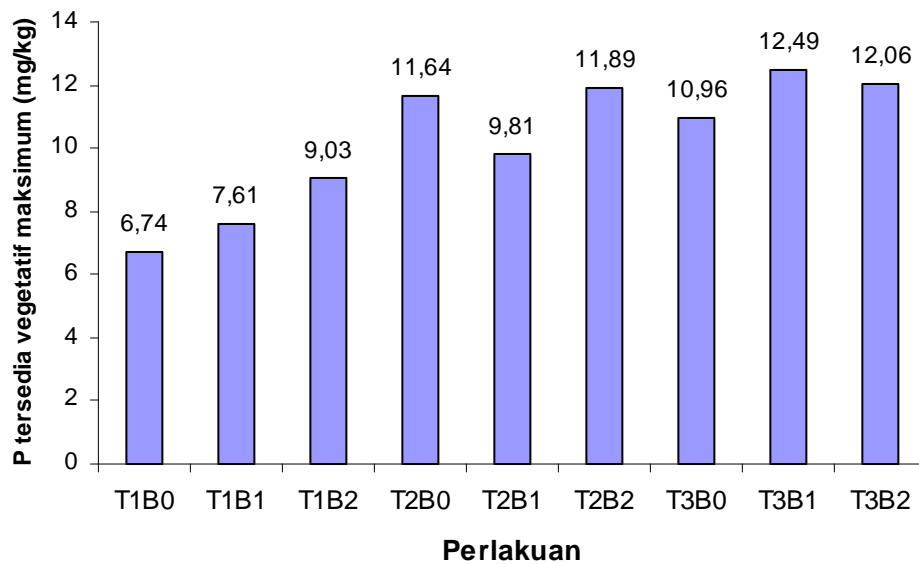
Fosfor tersedia tanah dapat diartikan sebagai P tanah yang dapat diekstraksikan atau larut dalam air dan asam sitrat. Fosfor dalam tanah diserap tanaman dalam bentuk ion orthophospat primer ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) dan ion orthophospat sekunder ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Ion P tersebut tidak diikat oleh lempung ataupun koloid organik karena muatannya sama (Rosmarkam dan Nasih, 2002). Konsentrasi ion orthophospat dalam tanah sangat tergantung pada kemasaman tanah. Bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  banyak dijumpai pada tanah masam, sedang  $\text{HPO}_4^{2-}$  umumnya dijumpai pada tanah alkalis.

Dari hasil analisis uji F taraf 5 % (lampiran 2) diketahui bahwa biomasa *Tithonia diversifolia* berpengaruh sangat nyata ( $p=0.000$ ), bakteri asam laktat berpengaruh sangat nyata ( $p=0.000$ ) dan interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ( $p=0.000$ ) terhadap P tersedia tanah setelah inkubasi dan pada saat vegetatif maksimum. Biomasa *Tithonia diversifolia* yang ditambahkan ke dalam tanah dapat memperbesar P tersedia tanah, karena biomasa *Tithonia diversifolia* mengandung 0.31 % P, di mana bahan organik dengan kandungan  $P > 0.25$  % dapat meningkatkan ketersediaan P dalam larutan tanah melalui penurunan jerapan P tanah (Supriyadi, 2002). Bakteri asam laktat dapat mempercepat dekomposisi *Tithonia diversifolia*. Selain itu bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat yang juga merupakan asam organik yang dapat mengikat Al. Menurut Proklamningsih (2004), asam laktat dapat mengkomplek Al, sehingga bentuk Al yang meracun bagi pertumbuhan

tanaman dapat diubah menjadi bentuk yang tidak meracun, yaitu dengan membentuk kompleks Al-organik.



Gambar 4.1 Histogram rerata P tersedia saat inkubasi ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )



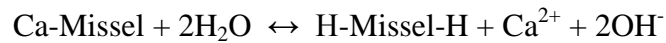
Gambar 4.2 Histogram rerata P tersedia saat vegetatif maksimum ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )

Hasil uji DMR taraf 5 % (lampiran 11) terlihat bahwa P tersedia tanah setelah inkubasi pada perlakuan T1B0, T1B1, T2B0, T3B0 dan T3B1 berbeda nyata dengan T1B2, T2B1, T3B0 dan T3B2, T3B0, sedangkan P tersedia tanah saat vegetatif maksimum pada perlakuan T1B0, T1B1 dan T3B0 berbeda nyata dengan T1B2, T2B0, T2B1, T2B2, T3B1 dan T3B2.

Dari gambar 4.1 dan 4.2 diatas terlihat bahwa P tersedia saat inkubasi dan P tersedia saat panen mengalami peningkatan sebesar 76.77% dan 85.31%. P tersedia tertinggi setelah inkubasi dan P tersedia saat panen pada penambahan biomasa *Tithonia diversifolia* 30 t/ha dan bakteri asam laktat 10% biomasa *Tithonia diversifolia* yaitu sebesar 14.46 mg.kg<sup>-1</sup> dan 12.49 mg.kg<sup>-1</sup>. Hal ini sesuai dengan penelitian Rahayu (2007) yang menyatakan bahwa penambahan *Tithonia diversifolia* 3 ton/ha, tanpa penambahan bakteri asam laktat dan pupuk SP 36 sebesar 150 kg/ha meningkatkan P tersedia sebesar 41.73% (16,03 mg/kg<sup>-1</sup>). Peningkatan P tersedia ini dikarenakan *Tithonia diversifolia* mengalami dekomposisi yang menghasilkan asam-asam organik yang dapat menurunkan jerapan fosfat. Asam-asam organik seperti asam sitrat, oksalat, laktat dan asetat yang dihasilkan tersebut dapat membentuk kompleks stabil dengan kation-kation pengikat fosfat di dalam tanah (misalnya Al), sehingga fosfat akan terbebas dan menjadi tersedia bagi tanaman. Selain itu *Tithonia diversifolia* mampu melepaskan unsur P melalui proses mineralisasi dan akan dilepas ke dalam larutan tanah menjadi bentuk fosfat yang tersedia bagi tanaman (Supriyadi, 2002).

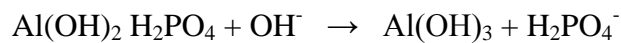
Peningkatan P tersedia tanah juga dipengaruhi oleh pH tanah, bahan organik, P total tanah dan konsentrasi Al dalam tanah. Bahan organik dengan bantuan mikroorganisme mengalami dekomposisi, yang diantaranya melepaskan Ca yang dapat menetralkan keasaman, sehingga pH tanah meningkat. Penyebabnya: (1) Terjadi reaksi pertukaran antara anion-anion organik hasil dekomposisi terutama asam fulvat dengan -OH bebas pada lokasi pertukaran sehingga jumlah ion OH pada larutan tanah meningkat, (2) Terjadi deprotonisasi hasil dekomposisi bahan organik yang dapat mengikat H<sup>+</sup> sehingga menurunkan ion H<sup>+</sup> dalam larutan tanah (Hue dan Amin, 1989

dalam Rahayu, 2002). Secara sederhana kenaikan pH karena pengaruh Ca digambarkan sebagai berikut:



(Buckman dan Brady, 1982)

Meningkatnya pH tanah akan mendorong meningkatnya pelepasan fosfat ke dalam larutan tanah. Pada tanah masam (pH rendah) P terikat oleh Al dan Fe menjadi bentuk yang tidak tersedia, sehingga dengan adanya ion OH<sup>-</sup>, fosfat dapat terlepas dari ikatan Al, sebagai berikut:



(Buckman dan Brady, 1982).

Peningkatan P tersedia tanah juga dapat terjadi karena dekomposisi *Tithonia diversifolia* menghasilkan asam-asam organik seperti asam humat, asam fulvat, asam sitrat, asam oksalat serta asam asetat yang dapat mengikat Al dan membentuk kompleks (khelat) sehingga Al tidak terhidrolisis lagi. Proses pembentukan kompleks Al khelat yaitu:



(Stevenson, 1982 dalam Purnomo, 2006).

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa ada korelasi positif dan erat antara P tersedia setelah inkubasi dengan pH H<sub>2</sub>O setelah inkubasi (r = 0.519) dan pH H<sub>2</sub>O akhir (r = 0.609) serta P tersedia akhir dengan pH H<sub>2</sub>O setelah inkubasi (r = 0.570) dan pH H<sub>2</sub>O akhir (r = 0.635).

Bahan organik sangat berperan dalam menyuplai unsur hara terutama fosfat. Pemberian biomasa *Tithonia diversifolia* dapat meningkatkan P tersedia tanah, selain menghasilkan asam-asam organik yang dapat mengikat Al, juga menghasilkan CO<sub>2</sub> dan air serta membebaskan unsur-unsur hara terutama N, P, S, K, Ca, dan Mg dan humus yang merupakan hasil akhir dekomposisi. Menurut Supriyadi (2002) bahan organik dengan kandungan P > 0.25 % dapat meningkatkan ketersediaan P dalam larutan tanah melalui penurunan jerapan P tanah dan biomasa *Tithonia diversifolia* yang ditambahkan ke dalam tanah dapat memperbesar P tersedia tanah, karena



biomasa *Tithonia diversifolia* mengandung 0.31 % P. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa ada korelasi positif dan erat antara P tersedia setelah inkubasi dengan bahan organik setelah inkubasi ( $r = 0.688$ ) dan bahan organik akhir ( $r = 0.630$ ) serta P tersedia akhir dengan bahan organik setelah inkubasi ( $r = 0.658$ ) dan bahan organik akhir ( $r = 0.570$ ).

Menurut Suntoro (2001) dalam Kusumadani (2006) bahan organik yang ditambahkan pada tanah masam dengan kandungan Al tertukar tinggi, akan meningkatkan pH tanah, karena pada proses pembentukan kompleks organik antara Al-hidroksida dengan asam-asam organik dilepaskan ion OH<sup>-</sup>. Selain itu bahan organik meningkatkan aktivitas mikrobia aerob di dalam tanah, sehingga tanah menjadi reduktif dan dihasilkan banyak ion OH<sup>-</sup> dalam larutan tanah (Supriyadi, 2003). Hal ini dapat diartikan bahwa dengan meningkatnya pH tanah, bahan organik dan P total tanah, P tersedia tanah juga meningkat.

Peningkatan P tersedia tanah juga dikarenakan oleh menurunnya konsentrasi Al anorganik dalam tanah. Menurut hasil penelitian Rohmaani (2007) menunjukkan bahwa Al anorganik semakin menurun dengan bertambahnya waktu inkubasi, karena asam organik yang dihasilkan dari proses dekomposisi *Tithonia diversifolia* aktif dalam mengikat Al, sehingga konsentrasi Al menurun. Hasil uji korelasi juga menunjukkan bahwa konsentrasi Al anorganik dalam tanah mempunyai korelasi negatif dan erat dengan P tersedia tanah setelah inkubasi ( $r = -0.733$ ) dan P tersedia tanah akhir ( $r = -0.692$ ), yang berarti penurunan konsentrasi Al anorganik dapat meningkatkan P tersedia tanah.

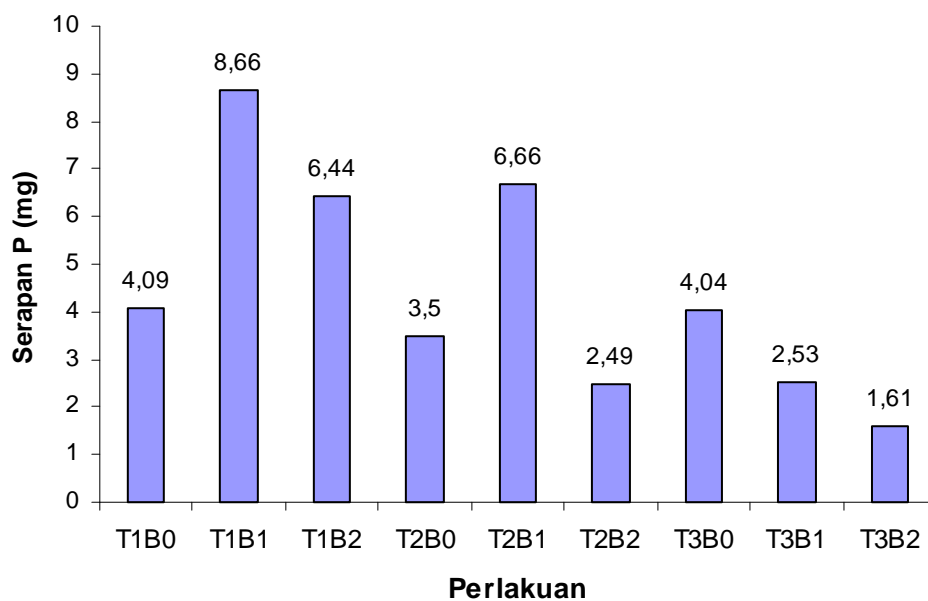
### C. Pengaruh Perlakuan Terhadap Serapan P Tanaman

Tanaman menyerap unsur P dalam bentuk ion orthophospat primer ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) dan sebagian kecil dalam bentuk ion orthophospat sekunder ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) (Soepardi, 1983). Serapan P oleh tanaman dipengaruhi oleh pH tanah di sekitar perakaran. Pada pH rendah absorpsi dalam bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan pada pH tinggi dalam bentuk  $\text{HPO}_4^{2-}$  (Hakim *et al.*, 1986).

Serapan hara oleh tanaman dipengaruhi oleh kondisi tanah dan kandungan air tanah. Penambahan bahan organik dapat memberikan kondisi

yang mendukung tanaman, struktur tanah menjadi lebih baik, kandungan hara P meningkat, mengurangi keracunan Al dan Fe, sehingga diharapkan dapat meningkatkan serapan P oleh tanaman.

Berdasarkan uji F taraf 5 % (lampiran 9) diketahui bahwa biomasa *Tithonia diversifolia* berpengaruh sangat nyata, bakteri asam laktat berpengaruh nyata dan interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata terhadap serapan P tanaman kedelai.



Gambar 4.3 Histogram rerata serapan P tanaman (mg/tnm)

Hasil uji DMR taraf 5 % (lampiran 13) menunjukkan bahwa serapan P pada perlakuan T2 dan T3 berbeda nyata dengan T1 dan perlakuan B1 berbeda nyata dengan B2 dan B0. Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa rerata serapan P tanaman ada yang meningkat tetapi ada juga yang mengalami penurunan. Peningkatan serapan P dikarenakan dekomposisi *Tithonia diversifolia* menghasilkan asam organik yang dapat mengikat Al dan membebaskan unsur P sehingga P tersedia meningkat. Hal ini akan meningkatkan serapan P. Sedangkan penurunan serapan P ini dikarenakan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara berbeda-beda. Selain itu, menurunnya serapan P tanaman juga disebabkan karena kadar P jaringan tanaman dan bobot brangkas

kering juga menurun. Nilai serapan P pada tanaman dapat diketahui dengan mengalikan P jaringan tanaman dan bobot brangkas kering tanaman. Rahayu (2002), menyatakan bahwa fosfor merupakan komponen struktural dari sejumlah senyawa penting; molekul pentransfer energi ATP dan ADP; NAD dan NADPH; senyawa sistem informasi genetik DNA dan RNA; serta pembentukan membran sel (fosfolipid dan fosfoprotein). Selain itu fosfor juga berperan dalam pembentukan biomasa tanaman. P dalam tanaman yang sedikit akan menyebabkan terhambatnya proses metabolisme, sehingga fotosintat yang disimpan dalam tubuh tanaman menjadi sedikit dan menyebabkan bobot kering tanaman rendah dan serapan tanaman juga rendah. Serapan P pada tanaman akan berpengaruh pada peningkatan hasil asimilasi dan akan berakibat pada peningkatan bobot kering tanaman. (Gardner dan Mitchell, 1991). Serapan P tertinggi pada penambahan biomasa *Tithonia diversifolia* 10 t/ha dan bakteri asam laktat 10% biomasa *Tithonia diversifolia* sebesar 8.66 mg/tnm dan rerata serapan P terendah pada penambahan biomasa *Tithonia diversifolia* 30 t/ha dan bakteri asam laktat 20% biomasa *Tithonia diversifolia* sebesar 1.61 mg/tnm. Serapan P secara umum mengalami penurunan sebesar 60.63% dengan bertambahnya pemberian dosis *Tithonia diversifolia*.

Hasil penelitian Rahayu (2007) menunjukkan serapan P meningkat dengan bertambahnya dosis *Tithonia diversifolia*. Peningkatan P tersedia yang paling baik pada penambahan kompos *Tithonia diversifolia* 3 ton/ha, bakteri asam laktat 600 kg/ha dan pupuk SP 36 150 kg/ha yaitu sebesar 0.37 gram. Hal ini disebabkan karena asam organik yang dihasilkan dari dekomposisi dapat mengikat Al dari larutan tanah dan membentuk senyawa kompleks yang sukar larut. Dengan demikian P tersedia dalam larutan tanah akan semakin besar. Selain itu penambahan pupuk SP 36 sebesar 150 kg/ha juga memberikan sumbangan P tersedia ke dalam larutan tanah. Adanya peningkatan P tersedia dalam larutan tanah menyebabkan serapan hara P juga meningkat.

Hasil uji korelasi (lampiran 16) menunjukkan antara serapan P dengan P tersedia berkorelasi negatif dan berhubungan erat yang artinya peningkatan

P tersedia akan menurunkan serapan P tanaman. Sedangkan hasil uji korelasi antara serapan P dengan bobot brangkas kering berkorelasi positif dan erat dan uji korelasi antara serapan P dengan kadar P jaringan tanaman berkorelasi positif dan kurang erat. Hal ini berarti dengan menurunnya bobot brangkas kering dan kadar P jaringan tanaman, maka serapan P tanaman juga menurun.

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **A. Kesimpulan**

1. Pemberian biomasa *Tithonia diversifolia* dan bakteri asam laktat meningkatkan P tersedia saat inkubasi dan P tersedia saat panen pada tanah Ultisol sebesar 76.77% dan 85.31%.
2. Pemberian biomasa *Tithonia diversifolia* dan bakteri asam laktat tidak berpengaruh terhadap peningkatan serapan P tanaman kedelai.
3. P tersedia tertinggi setelah inkubasi pada penambahan biomasa *Tithonia* 30 ton/ha dan bakteri asam laktat 10 % biomasa *Tithonia* yaitu 14.46 mg.kg<sup>-1</sup> dan P tersedia tertinggi saat vegetatif maksimum pada penambahan biomasa *Tithonia* 30 ton/ha dan bakteri asam laktat 10 % biomasa *Tithonia* yaitu sebesar 12.49 mg.kg<sup>-1</sup>.
4. Serapan P tanaman kedelai tertinggi pada penambahan biomasa *Tithonia* 10 ton/ha dan bakteri asam laktat 10 % biomasa *Tithonia* yaitu sebesar 8.66 mg/tm.

### **B. Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap serapan unsur hara P pada kedelai serta unsur hara yang lain seperti N dan K.
2. Perlu dilakukan penghitungan terhadap populasi bakteri untuk mengetahui sejauh mana efektifitas bakteri asam laktat dalam mendekomposisi bahan organik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Pengaruh Limbah Tomat dan EM-4 Terhadap Percepatan Pengomposan Sampah Organik*.  
<http://mybiologi-galileo.blogspot.com/2007/05/pengaruh-limbah-tomat-dan-em-4-terhadap.html> Diambil 25 September 2007.
- Anonim. 2007. *Nutrien Mineral*.  
[http://elearning.unej.ac.id/courses/MAB1504/dokument/Materi\\_Kuliah\\_Ir\\_Sumadi\\_MS/Materi\\_Sumadi/Physiologi\\_1\\_\(bab\\_4\).doc?cidReq=MAB1504](http://elearning.unej.ac.id/courses/MAB1504/dokument/Materi_Kuliah_Ir_Sumadi_MS/Materi_Sumadi/Physiologi_1_(bab_4).doc?cidReq=MAB1504).  
Diambil 25 September 2007
- Ansori, R. 1989. *Pengantar Teknologi Fermentasi*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. 2007. *Ultisols*.  
[http://soil.climate.or.id/index.php?option=com\\_content&tsk=view&id=19&itemid=79](http://soil.climate.or.id/index.php?option=com_content&tsk=view&id=19&itemid=79). Diambil 25 September 2007
- Black, C. A. 1973. *Soil Plant Relationships*. Wiley Eastern Private Limited. New Delhi.
- Blakemore, L. C., P. L. Searle dan B. K. Daly. 1987. *Methods for Chemical Analysis of soils*. N Z Soil Bureau. Department of Sientific and Industrial Research. Lower Hutt. New Zealand.
- Brock, D. T., D. W. Smith dan M. T. Madigan. 1984. *Biology of Microorganism. Fourth edition*. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs. New Delhi.
- Buckman, H. O. dan N. C. Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. Terjemahan Prof. Dr. Soegiman. Bhartara Karya Aksara. Jakarta.
- Caldwell, B. E. 1973. *Soybeans : Improvement, Production, and Uses*. American Society of Agronomy Inc. USA.
- Darmawijaya, M. I. 1997. *Klasifikasi Tanah*. UGM Press. Yogyakarta.
- Dermiyati. 1999. *Perubahan Serapan P Tanaman Jagung (Zea mays L.) Akibat Pemberian Kapur, Mikoriza Vesikular Arbuskular dan BFA Pada Tanah Ultisols Taman Bogo Lampung Tengah*. Jurnal Tanah Tropika. Vol. V. No. 9 hal 89-94. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Lampung.
- Fardiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. Depdikbud Dirjen Pendidikan Tinggi. IPB. Bogor.
- Foth, H. D. 1991. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. UGM Press. Yogyakarta.
- Gardner, F., R. L. Mitchell, dan R. B. Pearce. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI Press. Jakarta.

- Hairiah, K., Widiyanto, S. R. Utami, D. Suprayogo, Sunaryo, S. M. Sitompul, B. Lusiana, R. Mulia, M. van Noorwijk, dan G. Cadish. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi; Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*. International Centre For Research in Agroforestry. Bogor.
- Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A. M. Lubis, S. G. Nugroho, M. R. Saul, M. A. Diha, G. B. Hong, dan H. Bayley. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Lampung.
- Inkorena, GSS. 1998. *Makalah Pelatihan Pengelolaan Limbah Organik*. Fakultas Pertanian Universitas Nasional. Jakarta.
- Jacob, A. 1963. *Fertilizer Use: Nutrition and Manuring of Tropical Crops*. Verlagsgesellschaft fur Ackerbau mbH. Hannover.
- Kendall, B. dan H. van Houten. 1997. *Using The Wild Sunflower, Tithonia, in Kenya; for Soil Fertility and Crop Yield Improvement*. International Center for Research in Agroforestry. Nairobi.
- Kuntyastuti, H. 2001. *Pemberian Pupuk SP 36 dan Kotoran Ayam pada Kedelai di Lahan Kering Tanah Ultisol dan Alfisol*. Jurnal Penelitian Tanaman Pangan. Vol. 19 No. 3. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. Hal 59-65.
- Kusumadani, A. 2006. *Pengaruh Pemberian Bahan Organik Terhadap Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Mikoriza Arbuskula Pada Andisol Tawangmangu dengan Simbion Tanaman Jagung Manis (Zea mays sacharata L.)*. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Munir, M. 1996. *Tanah-tanah Utama di Indonesia*. Pustaka Jaya. Jakarta.
- Proklamaningsih, E., I. Budisantoso dan Roehmatino. 2004. *Detoksifikasi Aluminium (Al) pada Kacang Hijau Yang Ditumbuhkan Pada Tanah Ultisol dengan Pemberian Berbagai Asam Organik*. Jurnal Tropika Vol. 12, No. 1. Fakultas Biologi Unsoed. Purwokerto.
- Purnomo, S. 2006. *Kation Titanium dan Kalsium Karbonat Sebagai Indikator Pedogenesis Horison B Oksik di Kecamatan Jumantono*. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta. Skripsi.
- Rahayu, H. 2002. *Pengaruh Penambahan Dosis Bahan Organik dan Dolomit Terhadap Ketersediaan dan Serapan P dengan Indikator Tanaman Kacang Tanah (Arachis hypogaea L.) Pada Tanah Latosol*. Sains Tanah, Vol. 2, No. 1 hal 25-34. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Rahayu, S. D. 2007. *Konsentrasi Fe Aktif dan Serapan P Tanaman Jagung (Zea mays L.) Pada Ultisol Jumantono Dari Pemberian Bakteri Asam Laktat, Kompos Tithonia diversifolia dan Pupuk SP36*. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNS. Surakarta. Skripsi.
- Rohmaani, A. R. 2007. *Kajian Penambahan Bakteri Asam Laktat dan Kompos Tithonia diversifolia Terhadap Penurunan Toksisitas Al Pada Berbagai Waktu Inkubasi di Ultisol Jumantono*. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.

- Rosmarkam, A. dan N. W. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rukmana, R. dan Y. Yuniarsih. 1996. *Kedelai Budidaya dan Pasca Panen*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sanchez, P. A. 1993. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika*. Terjemahan Amir Hamzah. ITB Press. Bandung.
- Sharrock, R. A., Sinclair, F. L. Gliddon, C. Rao, I. M. Barrios, E. Mustonen, P. J. Smithson, P. Jones, dan G. Bold. 2004. *A Global Assessment Using PCR Techniques of Mycorrhizal Fungal Populations Colonising Tithonia diversifolia*.  
<http://mycorrhiza.ag.utk.edu/latest04/04.6sharro1.htm>. Diambil 16 Maret 2006.
- Soepardi, G. 1979. *Masalah Kesuburan Tanah di Indonesia*. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Somaatmadja, S., M. Ismunadji, Sumrno, M. Syam, S. O. Manurung, Yuswadi. 1985. *Kedelai*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Subawati, R., K. 2002. *Pengaruh Macam Dan Dosis Sumber Silikat Dari Abu Tanaman Terhadap Ketersediaan Dan Serapan P di Tanah Oxisol Dengan Indikator Tanaman Kedelai*. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta. Skripsi.
- Supriyadi. 2002. *Tithonia diversifolia dan Theprosia candida Sebagai Sumber Bahan Organik Alternatif Untuk Perbaikan P Tanah Andisols*. Sains Tanah Vol. 1 No. 2. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Supriyadi dan Holly P. 2003. *Pengaruh Penambahan Biomasa Tithonia dan Theprosia Terhadap Asam Organik, Jerapan P dan P Tersedia Andisols*. Sains Tanah Vol. 3 No. 1. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Tan, K., H. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. UGM Press. Yogyakarta.
- Taufiq, A., F. Rozy, R. Iswanto, E. Ginting, Y. Pprayogo, A. Musaddad. 2005. *Laporan Balitkabi 2004*. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- Tisdale, S. L. dan W. L. Nelson. 1975. *Soil Fertility and Fertilizer*. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.

# LAMPIRAN 1. Rekapitulasi Data Analisis Ragam

Variabel	Perlakuan		
	T	B	T*B
P tersedia (setelah inkubasi)	**	**	**
P tersedia (vegetatif maksimum)	**	**	**
Serapan P	**	*	ns
Al anorganik	**	**	ns
pH H <sub>2</sub> O (setelah inkubasi)	**	ns	ns
pH H <sub>2</sub> O (vegetatif maksimum)	**	ns	ns
BO (setelah inkubasi)	**	ns	*
BO (vegetatif maksimum)	**	ns	ns
P total (setelah inkubasi)	**	ns	ns
P total (vegetatif maksimum)	*	ns	ns
P jaringan tanaman	*	ns	ns
Berat kering brangkasan	*	ns	ns

Keterangan :

ns : Non significant/berpengaruh tidak nyata

\* : Significant/berpengaruh nyata

\*\* : Highly significant/berpengaruh sangat nyata



## LAMPIRAN 2

Tabel 2.1 Hasil pengamatan P tersedia (ppm) setelah inkubasi

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	8.49	8.10	7.95	8.18
T1B1	9.48	9.15	10.51	9.72
T1B2	10.50	10.76	10.91	10.72
T2B0	12.25	12.36	12.96	12.52
T2B1	10.74	10.47	10.73	10.65
T2B2	13.51	13.58	13.83	13.64
T3B0	11.86	11.81	11.81	11.83
T3B1	14.05	14.05	15.27	14.46
T3B2	13.29	13.26	13.36	13.30

### Analysis of Variance for P tersedia setelah inkubasi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	84.366	84.366	42.183	286.49	0.000 **
B	2	74.019	74.019	37.009	251.35	0.000 **
T*B	4	61.697	61.697	15.424	104.75	0.000 **
Error	18	2.650	2.650	0.147		
Total	26	222.732				

Tabel 2.2 Hasil pengamatan P tersedia (ppm) saat vegetatif maksimum

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	6.95	6.66	6.60	6.74
T1B1	7.79	7.47	7.57	7.61
T1B2	9.13	8.93	9.02	9.03
T2B0	11.49	11.64	11.97	11.64
T2B1	9.91	9.70	9.92	9.81
T2B2	11.95	10.72	11.01	11.89
T3B0	11.14	10.79	10.96	10.96
T3B1	12.44	13.62	12.40	12.49
T3B2	12.35	12.01	11.82	12.06

### Analysis of Variance for P tersedia saat vegetatif maksimum

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	47.292	47.292	23.646	699.50	0.000 **
B	2	79.914	79.914	39.957	1182.00	0.000 **
T*B	4	67.488	67.488	16.872	499.10	0.000 **
Error	18	0.608	0.608	0.034		
Total	26	195.303				

### LAMPIRAN 3

Tabel 3.1 Hasil pengamatan pH H<sub>2</sub>O setelah inkubasi

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	6.38	6.34	6.48	6.40
T1B1	6.27	6.37	6.61	6.42
T1B2	6.62	6.46	6.42	6.50
T2B0	6.57	6.85	6.71	6.71
T2B1	6.87	6.88	6.62	6.79
T2B2	6.83	6.68	6.29	6.60
T3B0	6.86	7.31	6.80	6.99
T3B1	6.83	6.80	6.62	6.75
T3B2	7.09	6.92	7.03	7.02

Tabel Analysis of Variance for pH H<sub>2</sub>O setelah inkubasi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	1.32462	1.32462	0.66231	15.64	0.000 **
B	2	0.05837	0.05837	0.02918	0.69	0.515 ns
T*B	4	0.31250	0.31250	0.07813	1.84	0.164 ns
Error	18	0.76220	0.76220	0.04234		
Total	26	2.45769				

Tabel 3.1 Hasil pengamatan pH H<sub>2</sub>O saat vegetatif maksimum

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	6.27	6.57	6.23	6.36
T1B1	6.19	6.29	6.39	6.29
T1B2	6.30	6.41	6.37	6.36
T2B0	6.43	6.44	6.55	6.48
T2B1	6.67	6.53	6.69	6.63
T2B2	6.69	6.68	6.48	6.61
T3B0	6.98	7.03	6.62	6.88
T3B1	7.06	6.49	6.84	6.80
T3B2	6.64	7.15	6.69	6.83

Analisis of Variance for pH H<sub>2</sub>O saat vegetatif maksimum

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	1.12186	1.12186	0.56093	17.63	0.000 **
B	2	0.00459	0.00459	0.00230	0.07	0.931 ns
T*B	4	0.05742	0.05742	0.01435	0.45	0.770 ns
Error	18	0.57280	0.57280	0.03182		
Total	26	1.75667				

#### LAMPIRAN 4

Tabel 4.1 Hasil pengamatan Al anorganik (%)

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	0.13	0.14	0.13	0.13
T1B1	0.13	0.12	0.13	0.13
T1B2	0.12	0.12	0.12	0.12
T2B0	0.12	0.12	0.12	0.11
T2B1	0.12	0.11	0.11	0.11
T2B2	0.11	0.09	0.10	0.10
T3B0	0.10	0.09	0.09	0.09
T3B1	0.09	0.09	0.08	0.09
T3B2	0.09	0.08	0.08	0.08

#### Analysis of Variance for Al anorganik saat vegetatif maksimum

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	0.0082110	0.0082110	0.0041055	79.58	0.000**
B	2	0.0007210	0.0007210	0.0003605	6.99	0.006**
T*B	4	0.0002955	0.0002955	0.0000739	1.43	0.264ns
Error	18	0.0009287	0.0009287	0.0000516		
Total	26	0.0101561				

## LAMPIRAN 5

Tabel 5.1 Hasil pengamatan bahan organik (%) setelah inkubasi

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	3.42	3.54	3.37	3.57
T1B1	3.40	3.41	3.78	3.53
T1B2	3.60	3.38	3.79	3.59
T2B0	3.83	3.37	3.39	3.53
T2B1	4.12	3.70	3.79	3.87
T2B2	3.77	3.71	4.54	4.13
T3B0	4.16	4.41	4.44	4.35
T3B1	4.79	4.85	4.17	4.60
T3B2	4.88	4.84	4.47	4.73

### Kruskal-Wallis Test: borg ink versus T

Kruskal-Wallis Test on borg ink

T	N	Median	Ave Rank	Z
0	9	3.419	7.7	-2.93
1	9	3.714	11.3	-1.23
2	9	4.475	23.0	4.17
Overall	27		14.0	

H = 18.32 DF = 2 P = 0.000

H = 18.32 DF = 2 P = 0.000 (adjusted for ties)

### Kruskal-Wallis Test: borg ink versus B

Kruskal-Wallis Test on borg ink

B	N	Median	Ave Rank	Z
0	9	3.780	12.4	-0.75
1	9	3.829	14.9	0.44
2	9	3.737	14.7	0.31
Overall	27		14.0	

H = 0.56 DF = 2 P = 0.755

H = 0.56 DF = 2 P = 0.755 (adjusted for ties)

### Kruskal-Wallis Test: borg ink versus T\*B

Kruskal-Wallis Test on borg ink

T*B	N	Median	Ave Rank	Z
0	15	3.605	10.5	-2.56
1	3	3.789	14.5	0.12
2	6	3.970	17.0	1.05
4	3	4.837	25.0	2.55
Overall	27		14.0	

H = 9.55 DF = 3 P = 0.023

H = 9.55 DF = 3 P = 0.023 (adjusted for ties)

## LAMPIRAN 6

Tabel 6.1 Hasil pengamatan bahan organik (%) saat vegetatif maksimum

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	3.90	3.65	4.44	4.00
T1B1	3.64	3.30	3.76	3.57
T1B2	3.59	4.50	3.79	3.96
T2B0	4.13	4.39	3.92	4.15
T2B1	3.91	4.20	4.44	4.18
T2B2	5.25	4.37	4.30	4.64
T3B0	4.90	5.18	4.51	4.86
T3B1	5.47	4.87	3.92	4.76
T3B2	3.90	5.01	4.67	4.52

### Analysis of Variance for BO saat vegetatif maksimum

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	3.4576	3.4576	1.7288	8.16	0.003**
B	2	0.7923	0.7923	0.3961	1.87	0.183ns
T*B	4	0.1740	0.1740	0.0435	0.21	0.932ns
Error	18	3.8135	3.8135	0.2119		
Total	26	8.2373				

## LAMPIRAN 7

Table 7.1 Hasil pengamatan P total tanah (ppm) setelah inkubasi

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	401.87	427.50	429.47	419.61
T1B1	455.10	411.73	435.38	634.07
T1B2	445.24	455.10	403.84	434.73
T2B0	443.27	433.41	421.58	432.76
T2B1	431.44	468.90	466.93	455.76
T2B2	474.81	439.33	451.16	455.10
T3B0	470.87	462.99	530.02	487.73
T3B1	455.10	484.67	533.96	491.24
T3B2	474.81	520.16	468.90	487.96

### Analysis of Variance for P total setelah inkubasi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	17480.2	17480.2	8740.1	11.66	0.001 **
B	2	839.5	839.5	419.7	0.56	0.581 ns
T*B	4	426.0	426.0	106.5	0.14	0.964 ns
Error	18	13488.2	13488.2	749.3		
Total	26	32233.9				

Tabel 7.2 Hasil pengamatan P total tanah (ppm) saat vegetatif maksimum

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	466.93	500.44	457.07	474.81
T1B1	461.01	419.61	437.36	439.33
T1B2	478.76	520.16	405.81	468.24
T2B0	482.70	492.56	441.30	472.19
T2B1	488.61	543.82	472.84	501.76
T2B2	486.64	510.30	482.70	493.22
T3B0	508.33	468.90	555.65	510.90
T3B1	531.99	496.50	543.82	524.10
T3B2	476.79	535.93	472.84	495.19

### Analysis of Variance for P total saat vegetatif maksimum

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	11041	11041	5520	4.77	0.022 *
B	2	3089	3089	1545	1.34	0.288 ns
T*B	4	1723	1723	431	0.37	0.825 ns
Error	18	20811	20811	1156		
Total	26	36663				

## LAMPIRAN 8

Tabel 8.1 Hasil pengamatan P jaringan tanaman (%)

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	0.28	0.19	0.34	0.27
T1B1	0.31	0.32	0.34	0.32
T1B2	0.31	0.25	0.24	0.27
T2B0	0.28	0.28	0.42	0.33
T2B1	0.29	0.29	0.24	0.27
T2B2	-	0.28	0.32	0.30
T3B0	0.18	0.30	0.30	0.27
T3B1	0.18	0.17	0.27	0.21
T3B2	0.16	0.25	0.18	0.20

### Analysis of Variance for P jaringan tanaman

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	0.030282	0.029836	0.014918	5.16	0.018 *
B	2	0.005118	0.004549	0.002275	0.79	0.472 ns
T*B	4	0.012514	0.012514	0.003128	1.08	0.397 ns
Error	17	0.049194	0.049194	0.002894		
Total	25	0.097108				

# LAMPIRAN 9

Tabel 9.1 Hasil pengamatan serapan P (mg)

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	3.55	6.08	2.65	4.09
T1B1	10.17	5.31	10.49	8.66
T1B2	649	6.73	611	6.44
T2B0	4.33	2.46	3.70	3.50
T2B1	5.99	6.06	7.95	6.66
T2B2	-	3.14	1.84	2.49
T3B0	1.29	3.94	6.90	4.04
T3B1	1.02	1.15	5.43	2.53
T3B2	1.78	1.62	1.44	1.61

## Analysis of Variance for Serapan P

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	0.0000569	0.0000573	0.0000287	8.33	0.003 **
B	2	0.0000255	0.0000268	0.0000134	3.90	0.040 *
T*B	4	0.0000374	0.0000374	0.0000094	2.72	0.064 ns
Error	17	0.0000585	0.0000585	0.0000034		
Total	25	0.0001783				



# LAMPIRAN 10

Tabel 10.1 Hasil pengamatan berat kering brangkasan (g)

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	1	2	3	
T1B0	1.25	3.17	0.78	1.73
T1B1	3.27	1.64	3.06	2.66
T1B2	2.05	2.66	2.58	2.43
T2B0	1.52	0.88	0.88	1.09
T2B1	2.04	2.09	3.30	2.48
T2B2	-	2.20	0.58	1.39
T3B0	0.70	1.31	2.27	1.43
T3B1	0.55	0.66	2.02	1.08
T3B2	1.08	0.65	0.80	0.84

## Analysis of Variance for Berat kering brangkasan

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
T	2	6.0324	6.0411	3.0206	4.99	0.020 *
B	2	2.0746	2.1081	1.0540	1.74	0.205 ns
T*B	4	2.9363	2.9363	0.7341	1.21	0.342 ns
Error	17	10.2911	10.2911	0.6054		
Total	25	21.3344				

## LAMPIRAN 11

Tabel 1 Rekapitulasi data hasil Uji DMR taraf 5 %

Perlakuan	P tersedia inkubasi	P tersedia veg.maks.
T1B0	8.18a	6.74a
T1B1	9.72b	7.61b
T1B2	10.72c	9.03c
T2B0	12.52e	11.64e
T2B1	10.65c	9.81c
T2B2	13.64f	11.89e
T3B0	11.83d	10.96d
T3B1	14.46h	12.49g
T3B2	13.30g	12.06f

**Keterangan:** Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMR 5 %

Tabel 2. Rekapitulasi data hasil uji DMR 5%

Perlakuan	pH H <sub>2</sub> O inkubasi	pH H <sub>2</sub> O veg.maks.	Al anorg (%)	BO veg.maks (%)	P total inkbs (mg.kg <sup>-1</sup> )	P total veg.maks (mg.kg <sup>-1</sup> )
T1	6.44a	6.34a	0.13a	3.84a	429.47a	460.79a
T2	6.70b	6.57b	0.11b	4.10b	447.87b	489.05b
T3	6.92c	6.83c	0.09c	4.71c	479.31c	510.08c

**Keterangan:** Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMR 5 %

Tabel 3 Rekapitulasi data hasil uji DMR 5%

Perlakuan	Serapan P (mg/tnm)	P jaringan tnm (%/tnm)	Bobt kering brangksn (g)
T1	6.39a	0.3a	2.27a
T2	4.43b	0.29b	1.65b
T3	3.63c	0.22c	1.12c

**Keterangan:** Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMR 5 %

Tabel 4 Hasil uji DMR 5%

Perlakuan	Serapan P (mg/tnm)
B0	3.88a
B1	5.95b
B2	3.64c

**Keterangan:** Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMR 5%

#### LAMPIRAN 12. Hasil Uji Mood-Median

Perlakuan	BO inkbs (%)
T1	3.56a
T2	3.84b
T3	4.56c

**Keterangan:** Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji Mood-Median

#### LAMPIRAN 14. Penghitungan Kebutuhan Pupuk

##### Penghitungan Kebutuhan Pupuk

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tanah 1 ha} &= \text{luas tanah 1 ha} \times \text{kedalaman olah} \times \text{BV} \\
 &= 10^6 \text{ dm}^2 \times 2 \text{ dm} \times 1 \text{ kg/dm}^3 \\
 &= 2 \times 10^6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tanah/pot} &= \text{jarak tanam} \times \text{kedalaman efektif} \times \text{BV} \\
 &= 2 \text{ dm} \times 1,5 \text{ dm} \times 2 \text{ dm} \times 1 \text{ kg/dm}^3 \\
 &= 6 \text{ kg/pot}
 \end{aligned}$$

##### Dosis biomasa *Tithonia diversifolia* tiap ha

$$10 \text{ t/ha} = 10.000 \text{ kg/ha}$$

$$20 \text{ t/ha} = 20.000 \text{ kg/ha}$$

$$30 \text{ t/ha} = 30.000 \text{ kg/ha}$$

$$\text{Kebutuhan biomasa Tithonia/pot} = \frac{\text{kebutuhan tanah} \times \text{dosis}}{\text{berat tanah/ha}}$$

$$10 \text{ t/ha} = \frac{6 \text{ kg} \times 10.000 \text{ kg/ha}}{2 \times 10^6 \text{ kg}} = 30 \text{ g/pot}$$

$$20 \text{ t/ha} = \frac{6 \text{ kg} \times 20.000 \text{ kg/ha}}{2 \times 10^6 \text{ kg}} = 60 \text{ g/pot}$$

$$30 \text{ t/ha} = \frac{6 \text{ kg} \times 30.000 \text{ kg/ha}}{2 \times 10^6 \text{ kg}} = 90 \text{ g/pot}$$

##### Dosis bakteri asam laktat

$$0\% \text{ biomasa Tithonia} = 0 \text{ g/pot}$$

$$10\% \text{ biomasa Tithonia} = \frac{10}{100} \times 30\text{g} = 3 \text{ g/pot}$$

$$= \frac{10}{100} \times 60\text{g} = 6 \text{ g/pot}$$

$$100$$

$$= \frac{10}{100} \times 60\text{g} = 9 \text{ g/pot}$$

$$20\% \text{ biomasa Tithonia} = \frac{20}{100} \times 30\text{g} = 6 \text{ g/pot}$$

$$= \frac{20}{100} \times 60\text{g} = 12 \text{ g/pot}$$

$$= \frac{20}{100} \times 90\text{g} = 18 \text{ g/pot}$$

#### **Dosis pupuk Urea**

$$100 \text{ kg/ha} = \frac{6 \text{ kg} \times 100 \text{ kg}}{2 \times 10^6} = 0.3 \text{ g/pot}$$

#### **Dosis pupuk KCl**

$$75 \text{ kg/ha} = \frac{6 \text{ kg} \times 75 \text{ kg}}{2 \times 10^6} = 0.225 \text{ g/pot}$$

LAMPIRAN 15



Gambar 1 *Tithonia diversifolia*



Gambar 2 Biomasa *Tithonia diversifolia* kering



Gambar 3 Tanaman kedelai pada perlakuan T1B0, T1B1, dan T1B2



Gambar 4 Tanaman kedelai pada perlakuan T2B0, T2B1, dan T2B2



Gambar 5 Tanaman kedelai perlakuan T3B0, T3B1, dan T3B2

